

水産資源管理談話会報

第24号

日本鯨類研究所 資源管理研究センター

2001年 4 月

目次

お知らせ 2
北海道エリモ以西太平洋海域における ソウハチの資源解析 (三原行雄) 3
道北産マガレイ資源の評価と管理について (星野 昇、渡野邊雅道) 15

財団法人 日本鯨類研究所
資源管理研究センター

〒104-0055 東京都中央区豊海町 4-18 東京水産ビル

TEL 03-3536-6521

FAX 03-3536-6522

お知らせ

水産資源管理談話会報24号をお届けします。本号は、平成12年11月10日に開催された第35回談話会における三原行雄氏による話題提供「エリモ以西太平洋海域におけるソウハチの資源解析」と星野 昇氏による話題提供「道北産マガレイの管理技術について」の記録です。活発な討論が行われ、興味ある話題提供でした。

第37回資源管理談話会は4月下旬か5月の連休後に秋田県のハタハタについて話題提供していただく予定です。

なお、水産資源管理談話会報では水産資源管理に関する一般的な投稿も受け付けていますので、奮って投稿してください。

(北原 武)

北海道エリモ以西太平洋海域におけるソウハチの資源解析

北海道立函館水産試験場室蘭支場 三原 行雄

はじめに

北海道南西部のエリモ岬～恵山岬に至る北海道エリモ以西太平洋海域(以下エリモ以西海域とする)(図1)における主要な漁獲対象魚種は、渡島支庁管内と胆振支庁管内ではホタテとスケトウダラ、日高支庁管内ではスケトウダラとサケおよびコンブである。エリモ以西海域の1999年におけるソウハチの漁獲量は538トン(図2)、水揚げ金額は約2千万円であり、当海域の総漁獲量の0.2%を、総生産金額の0.3%を占めている。またエリモ以西海域のソウハチの漁獲量は、北海道全体のソウハチの漁獲量(4,049トン)の14%を占めている。

エリモ以西海域におけるソウハチは、北海道水産資源管理委員会評価検討会議の評価対象種であり、資源管理対策が必要とされる魚種となっている。また現在、漁業者間で資源管理協定が結ばれており、その中で本種の制限体長が、北海道周辺海域で一律に、マガレイと同じ値である15cmに設定されている。しかし本種は雌雄の成長差が大きいために、従来のYPR・SPR解析では適正な制限体長を推定することができない。本報告において、エリモ以西海域のソウハチ資源に対して、新たに体長換算のYPRに基づいて雌雄込のYPR解析を試みるとともに、SPR解析による資源解析も行った。

なお本報告で用いた自然死亡係数、漁獲係数および全減少係数は、年単位で算出されたものであり、本来は $M/year$ 、 $F/year$ および $Z/year$ と記述すべきであるが、ここでは単位の/yearを省略して、 M 、 F および Z と記述した。

材料と方法

(1)漁獲量 刺網は北海道水産現勢(集計範囲:渡島(恵山～長万部町)、胆振、日高支庁)、沖合底曳網は北海道沖合底曳網漁業漁獲統計年報(集計範囲:エリモ以西海域)を用いて、1985～99年の漁獲量を暦年集計した。

(2)年齢・成長解析 1974～81年および1996～99年にエリモ以西海域で漁獲されたソウハチ7,690個体(図3)の耳石について縁辺部の状態を観察して、輪紋の形成時期を推定した。この内、5～6月に採集された4,032個体の耳石について透明帯数を計数して、最高年齢から雌雄別の寿命を推定した。また体長と年齢の関係から雌雄別のAge-Length Keyを作成した。さらにAge-Length Keyから算出した平均体長から、von Bertalanffyの成長曲線に当てはめて、雌雄別の成長を推定し、雌については体長と体重の関係式も推定した。

(3)漁獲物の組成 1985～99年5～6月における刺網の漁獲物について雌雄別に体長組成を集計するとともに、体長階級別性比を推定した。また(2)のAge-Length Keyから1985～98年の年齢別漁獲尾数を雌雄別に推定した。

(4)成熟率の推定 (2)の年齢・成長解析に用いた標本の内、産卵期である6～8月に採集され、卵巣内の状態を観察した雌1,892個体について年齢別成熟率を推定した。また1965年～99年の6～8月に採集され、卵巣内の状態を観察した雌5,459個体について体長階級別成熟率を推定した。判別基準は、肉眼で卵巣を観察して、未発達(10)または卵巣内に卵粒が認められない状態(21)を未成熟とし、卵巣内に卵粒が認められた個体(22～30)および放卵中～後(40～50)を成熟とした。

(5)コホート解析 (3)の年齢別漁獲尾数に基づいて、Pope(1972)の近似式を用いて雌雄別に年齢別資源尾数を推定した。ここで最高齢の F_t は雌雄とも0.5と仮定し、自然死亡係

数(M)については、田中(1960)の方法($M=2.5/\text{寿命}$)に基づいて雌雄別に推定した。なお寿命(t_L)は、耳石で年齢査定された雌雄別の最高年齢とした。雌雄別の資源尾数は、雌雄別に算出された年齢別資源尾数を、年齢毎に合算した値とした。

(6) YPR解析 雌雄別にYPRを算出した後、性比1:1として体長階級毎に雌雄別のYPRを合算した。なお、YPR解析に用いた各パラメータは以下の方法で推定した。

- ・雌雄別の寿命(t_L)と自然死亡係数(M)は、(5)と同じ値とした。
- ・最大到達体重(W_∞)、成長係数(k)および形式上体長0の年齢(t_0)は、(2)から推定された雌雄別の成長式の値を用いた。
- ・加入年齢(t_r)は雌雄とも2歳と仮定した
- ・雌雄別のYPR解析に用いる現状の F_σ 、 F_ϕ は、完全加入年齢以降の死亡率から雌雄別の全減少係数(Z_σ 、 Z_ϕ)を推定して、 $F=Z-M$ の式から雌雄別に算出した。
- ・雌雄別の現状の $F_{\sigma\phi}$ は $(C_\sigma+C_\phi) \times Z_{\sigma\phi}$

$$F_{\sigma\phi} = \frac{(C_\sigma+C_\phi) \times Z_{\sigma\phi}}{(1-e^{-Z_{\sigma\phi}}) \times (N_\sigma+N_\phi)} \quad \text{-(a)式から算出した。}$$

なお、雌の漁獲尾数(C_σ)と雄の漁獲尾数(C_ϕ)は、(3)の完全加入年齢以降の漁獲尾数とした。また雌の資源尾数(N_σ)と雄の資源尾数(N_ϕ)は、(4)のコホート解析から推定された完全加入年齢以降の値を用いた。雌雄別の全減少係数($Z_{\sigma\phi}$)は完全加入年齢以降の雌雄別の死亡率から推定した。

(7) SPR解析 雌について、YPR解析と同様にSPRを算出した。

- ・ W_∞ 、k、 t_0 、 t_r 、 t_L 、M、 t および現状の F_ϕ は雌のYPR解析と同じ値を用いた。
- ・成熟年齢(t_m)は(4)から、雌の50%成熟体長とした。

結果

(1) 漁獲量の推移

エリモ以西海域の漁獲量(暦年集計)は、1960年代後半から1970年代には5,000トンを上回る高い水準にあったが、1985年以降には1,000トンを下回る低位の水準となった。近年における漁獲量は、1989年度に700トン台にまで一時的に回復した後、1991~94年度には200トン台まで落ち込んだ。1997年度には900トン台まで再び回復した後、1998年度以降、漁獲量は減少傾向にある(図2)。

(2) 年齢・成長解析

① 年輪形成時期

耳石の縁辺部の状態を時期別にみると、8月~翌年3月にはほとんどの個体が透明帯であった。不透明帯の個体は、4月に出現しはじめ、その割合は5~6月には急増して全体の約90~95%を占めた後、7月には大幅に減少した。このことから、不透明帯は年1回形成され、その形成時期は4~7月であることが明らかとなった(図4)。なお産卵の盛期は6~7月、漁獲量の盛期は5~6月であり、不透明帯の形成時期とほぼ一致していた。よってここでは透明帯の外側に不透明帯が形成された時点で年輪が完成することとして、透明帯数を年齢として、年齢の切り替え日を8月1日とした。

② 寿命と成長

耳石の年齢査定の結果から推定された寿命は、雄で12歳、雌で13歳であった。

5~6月におけるAge-Length Keyを図5に示す。成長は、雌の方が雄に比べて良く、成長差は4.8歳以降で顕著となり、4.8歳で24mm、5.8歳で31mmおよび6.8歳で39mmとなった。

Age-Length Keyから算出した平均体長に基づく、von Bertalanffyの成長曲線は以下のとおりである(図6)。

$$\text{雄 } l_t = 30.214 \times \{ 1 - e^{-0.191(t+0.254)} \} \text{ --(b)式}$$

$$\text{雌 } l_t = 37.908 \times \{ 1 - e^{-0.163(t+0.082)} \} \text{ --(c)式}$$

また雌の体長と体重の関係式は以下のとおりである。

$$\text{雌 } W_{\text{♀}} = 0.0161 \times l_{\text{♀}}^{3.03} \text{ --(d)式}$$

(3) 漁獲物の組成

エリモ以西海域における1985~99年の14年間平均の雌雄別体長組成をみると、雄では最小漁獲体長は14cm台、モードは19cm台にみられ、雌では最小漁獲体長は14cm台、モードは21cm台にみられた。雌雄込みでは最小漁獲体長は14cm台、モードは20cm台であった。年齢組成をみると、雄では3~4歳、雌では4歳、雌雄込では4歳が最も大きな割合を占めた(図7)。

1985~99年の14年間平均の体長階級別性比をみると20cm以下では雄の割合が高く、21cm以上では雌の割合が高かった。年齢別にみると、全年齢をとおして雄の比率は、40~60%であった(図8)。

(4) 成熟率の推定

雌の体長階級別の成熟率をみると、16cm台から成熟し始め、成熟率が50%を超える体長は23cmであった。年齢別の成熟率をみると満3歳から成熟しはじめ、成熟率が50%を超える年齢は満5歳であった(図9)。

(5) コホート解析

(2)-①から年齢の切り替え日を8月1日とし、8月~翌年7月を漁期として漁獲量を集計した。(2)-②から推定された寿命から、雄の自然死亡係数($M_{\text{♂}}$)は0.208、雌の自然死亡係数($M_{\text{♀}}$)は0.192と算出した。最高齢のFtは0.5とし、最近年の各年齢のFtは、雌雄とも漁獲量が減少傾向にあった1988~1991年度の3カ年平均の漁獲係数を用いた。

雌雄を合わせた3歳魚以上の資源尾数は1985~93年度までは、1,500万尾を下回る水準で推移していた。1994~95年度には近年では資源豊度の高い1991年級群の出現によって、1,700万~1,900万尾まで増加した。1996年度以降は資源豊度の高い発生群は出現していないため、年齢組成は高齢化して、資源尾数は減少傾向にある(図10)。

(6) YPR解析

①雄のYPR-縦軸を(b)式により、年齢から体長に変換した。

・(b)式により、雄の各パラメータを以下のとおり設定した。

$$W_{\infty \text{♂}} = 496\text{g}$$

$$k_{\text{♂}} = 0.191$$

$$t_{0 \text{♂}} = -0.254\text{歳}$$

$$t_{r \text{♂}} = 2\text{歳}(11.2\text{cm})$$

・(2)-②から $t_{\text{♂}}$ は12歳、 $M_{\text{♂}}$ は(5)のコホート解析と同じ値の0.208とした。

・ $t_{\text{♂}}$ については、2つに場合分けをした。

$$t_{\text{♂}1} = 15.0\text{cm(現在の規制体長)}$$

$$t_{\text{♂}2} = 16.5\text{cm(雄の漁獲最小体長と体長組成のモードとの中間値(図7))}$$

・現状の $F_{\text{♂}}$ は0.569とした。 $F_{\text{♂}}$ の算出法は、雄の4歳(完全加入年齢)以降の年齢別漁

獲尾数(1985~99年度平均)の減少率から Z_{σ} を推定した後(図11)、 M_{σ} を差し引いた値とした。

$$F_{\sigma} = 0.777 - 0.208 = 0.569$$

雄の現状のYPRは(図12)、 $t_{c1\sigma}$ の場合では61g/R、 $t_{c2\sigma}$ の場合では65g/Rであった。現状の F_{σ} でYPRが最大となる体長は20cm、その時のYPRは69g/Rであり、 $t_{c1\sigma}$ のYPRに比べて13%増、 $t_{c2\sigma}$ のYPRに比べて6%増となった(図12、図16)。

②雌のYPR—縦軸を(c)式により、年齢から体長に変換した。

・(c)式により、雌の各パラメータを以下のとおり設定した。

$$W_{\infty\sigma} = 988\text{g}$$

$$k_{\sigma} = 0.163$$

$$t_{0\sigma} = -0.082\text{歳}$$

$$t_{r\sigma} = 2\text{歳}(11.2\text{cm})$$

・(2)–②から $t_{1\sigma}$ は13歳、 M_{σ} は(5)のコホート解析と同じ値の0.192とした。

・ $t_{c\sigma}$ についても雌と同様に、2つに場合分けをした。

$$t_{c1\sigma} = 15.0\text{cm(現在の規制体長)}$$

$$t_{c2\sigma} = 17.5\text{cm(雌の漁獲最小体長と体長組成のモードとの中間値(図7))}$$

・現状の F_{σ} は0.544とした。 F_{σ} の算出法は雄と同様である。

$$F_{\sigma} = 0.736 - 0.192 = 0.544$$

雌の現状のYPRは(図13)、 $t_{c1\sigma}$ の場合では85g/R、 $t_{c2\sigma}$ の場合では97g/Rであった。現状の F_{σ} でYPRが最大となる体長は24cm、その時のYPRは115g/Rであり、 $t_{c1\sigma}$ のYPRに比べて35%増、 $t_{c2\sigma}$ のYPRに比べて18%増となった(図13、図16)。

③雌雄を合算したYPR

雌雄別体長階級別に算出されたYPR(図12、図13)を、漁獲開始時点での性比を1:1として、体長階級毎に雌雄のYPRを合算した。

・雌雄込の $t_{c\sigma}$ についても、2つに場合分けをした。

$$t_{c1\sigma\sigma} = 15.0\text{cm(現在の規制体長)}$$

$$t_{c2\sigma\sigma} = 17.0\text{cm(雌雄込の漁獲最小体長と体長組成のモードとの中間値(図7))}$$

・現状の $F_{\sigma\sigma}$ は0.563とした。 $F_{\sigma\sigma}$ の算出法は、雌雄込の4歳魚(完全加入年齢)以降の年齢別漁獲尾数(1985~99年度平均)の減少率から $Z_{\sigma\sigma}$ を推定した後(図11)、(a)式から算出した。

雌雄込の現状のYPRは(図14)、 $t_{c1\sigma\sigma}$ の場合では73g/R、 $t_{c2\sigma\sigma}$ の場合では81g/Rであった。現状の $F_{\sigma\sigma}$ で $t_{c\sigma\sigma}$ を変化させると、現状の $F_{\sigma\sigma}$ でYPRが最大となる体長は22cm、その時のYPRは89g/Rであり、 $t_{c1\sigma\sigma}$ に比べて22%増、 $t_{c2\sigma\sigma}$ に比べて11%増となった(図14、図16)。

(7)SPR解析

①SPR解析

縦軸を年齢から体長に変換し、 $W_{\infty\sigma}$ 、 k_{σ} 、 $t_{0\sigma}$ および $t_{r\sigma}$ は(6)–②雌のYPR解析と同じ値を用いた。また現状の漁獲開始体長および漁獲係数も雌のYPR解析と同じ値を用いた。

- ・解析に用いたパラメータは以下のとおりである。

$$\begin{aligned} W_{\infty\text{♀}} &= 988\text{g} \\ k_{\text{♀}} &= 0.163 \\ t_{0\text{♀}} &= -0.082\text{歳} \\ t_{r\text{♀}} &= 2\text{歳}(11.2\text{cm}) \\ t_{\lambda\text{♀}} &= 13\text{歳} \\ M_{\text{♀}} &= 0.192 \end{aligned}$$

- ・雌の成熟開始体長 (t_m) は、(4)に基づく体長階級別成熟率(図9)により、成熟率が50%を超える体長の23cmとした。
- ・現状のパラメータは以下のとおりである。

$$\begin{aligned} t_{c1\text{♀}} &= 15.0\text{cm}(\text{現在の規制体長}) \\ t_{c2\text{♀}} &= 17.5\text{cm}(\text{雌の漁獲最小体長と体長組成のモードとの中間値(図7)}) \\ F_{\text{♀}} &= 0.544 \end{aligned}$$

現状における%SPRは(図15)、 $t_{c1\text{♀}}$ の場合では6%SPR、 $t_{c2\text{♀}}$ の場合では9%SPRであった。現状の $F_{\text{♀}}$ で推奨される30%SPRにするには、漁獲開始年齢(t_c)を体長24cmに引き上げる必要がある。また現状の $F_{\text{♀}}$ において、漁獲開始年齢(t_c)を20cmに引き上げると14%SPRとなり、50%成熟体長である23cmにすると、26%SPRとなる(図15、図16)。

②産卵親魚量と加入尾数の関係に基づいて決定された管理基準

産卵親魚量と加入尾数の関係から適正な漁獲管理基準について推定した。ここで産卵親魚量(S)は(N)年度時の雌の年齢別資源尾数に、(c)式と(d)式から算出した年齢別平均体重、および(4)の年齢別成熟率(図9)を乗じて年齢別親魚量を算出した後、これらを合計した値とした。また加入尾数(R)は、($N+3$)年度時の3歳魚の雌の資源尾数とした。

F_{high} は1.170、 F_{low} は0.208および F_{mod} は0.629であった。現状の $F_{\text{♀}}$ は0.544であり、 F_{mod} よりやや低い漁獲圧であった。このことから現状の $F_{\text{♀}}$ のままでも推移すれば、現在の資源水準を維持することが可能である(図17)。

まとめ

- ①YPR解析(図12~14)から、YPRの増加率は、現状の F を変化させるより、 t_c を変化させた方が大きかった。また産卵親魚量と加入量の関係(図17)から、現状の $F_{\text{♀}}$ は、 F_{mod} を若干下回っていた。これらのことから、現状の F はほぼ適正な状態にあると判断された。
- ②現状の t_c では、%SPR(図15)は低位の状態にある。一方、YPR(図12~14)は、 t_c を現状より大きくすることによって、増加させることができる。これらのことから、現状の t_c は適正な状態にはないものと判断された。なお適正な t_c は、雌雄込のYPR解析(図14、16)に基づいて設定することが有効であると考えられる。
- ③産卵親魚量と加入量の関係(図17)から、ソウハチは加入量の変動が大きい魚種であることが明らかとなった。このことは、本種の管理方策の設定には、SPRよりYPRに基づいて行った方が有効であることを示している。
- ④資源的経済的条件を考慮した管理目標の設定が必要である。

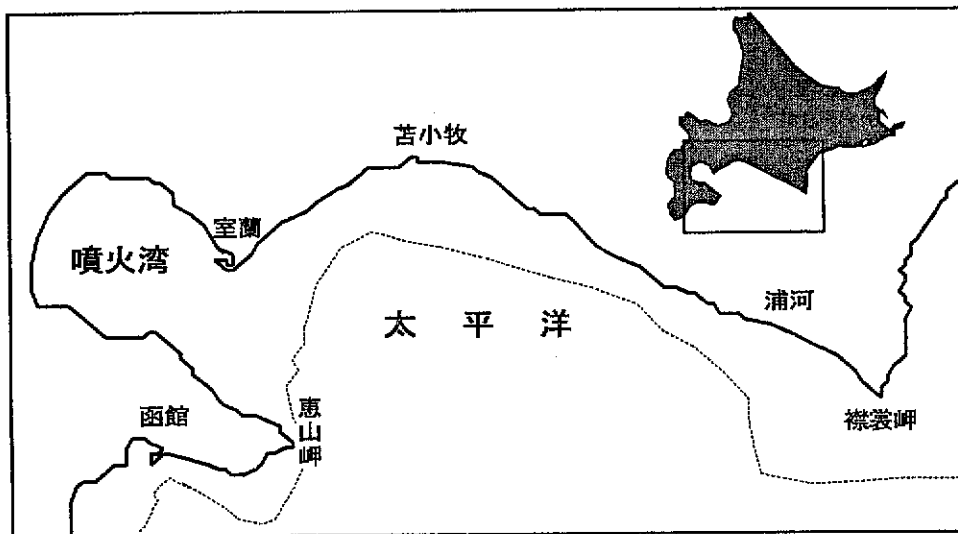


図1 エリモ以西太平洋海域

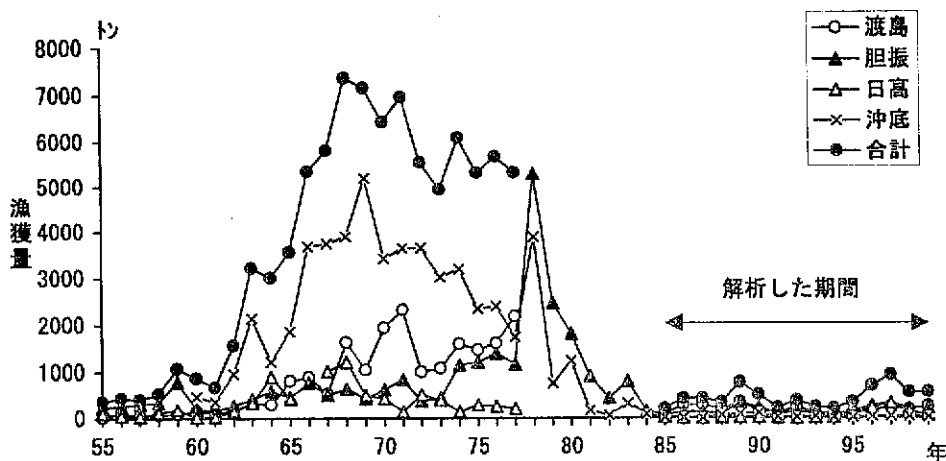


図2 エリモ以西太平洋海域におけるソウハチの漁獲量の推移
(1955～1999年, 1～12月集計)

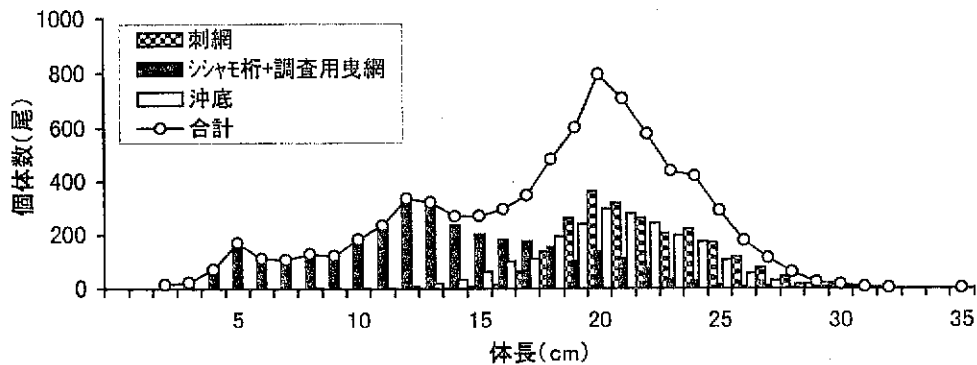


図3 耳石の輪紋を計数した体長階級別の個体数と採集方法
(1974～1981年と1996～1999年のデータ)

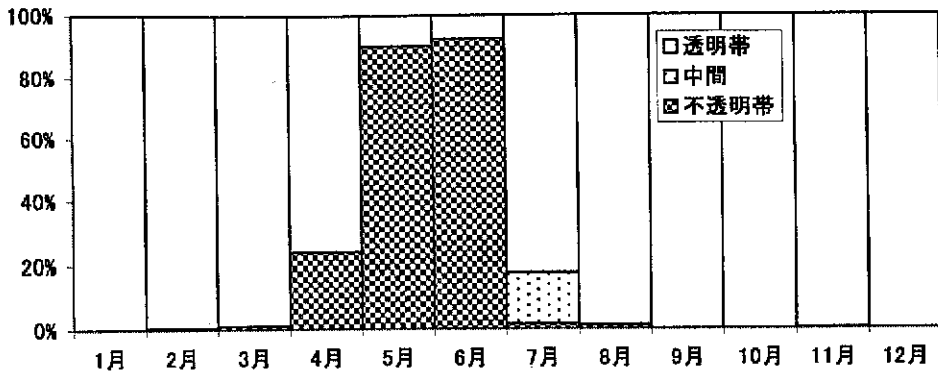


図4 エリモ以西太平洋海域におけるソウハチの耳石縁辺部の状態 (1974~1981年と1996~1999年分のデータに基づく)

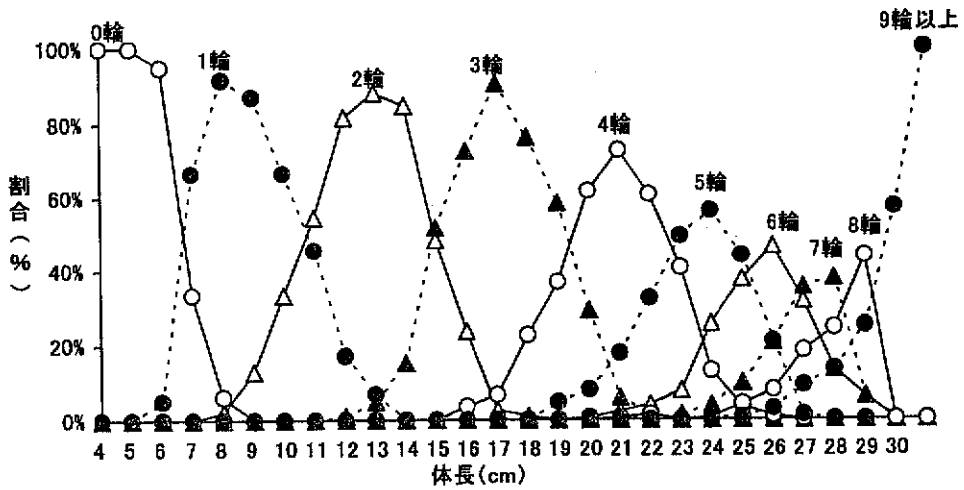


図5 エリモ以西太平洋海域のソウハチ雌の5~6月時における体長と透明帯数の関係 (1974~1981年と1996~1999年の5~6月のデータに基づく)

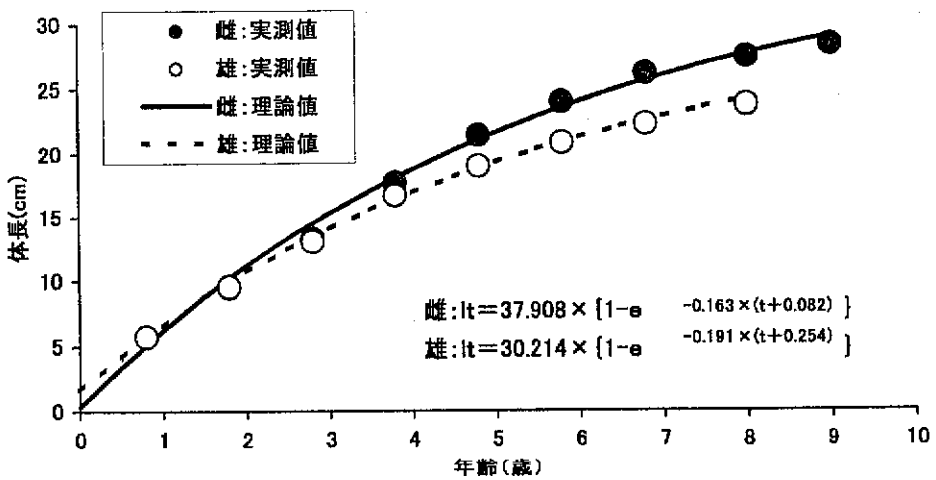


図6 エリモ以西太平洋海域のソウハチの成長と推定されたvon Bertalanffyの成長式 (1974~1981年と1996~1999年の5~6月のデータに基づく)

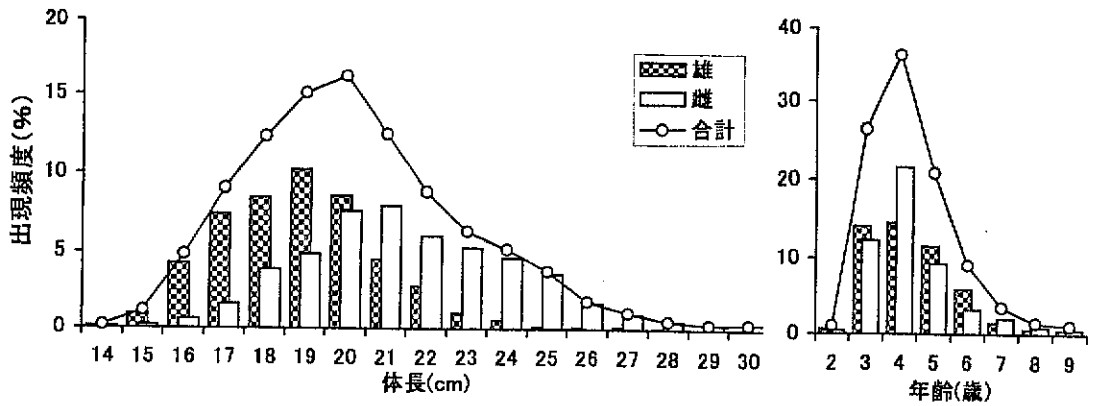


図7 エリモ以西太平洋海域で刺網によって漁獲されたソウハチの雌雄別体長組成と年齢組成 (1985~1999年の平均)

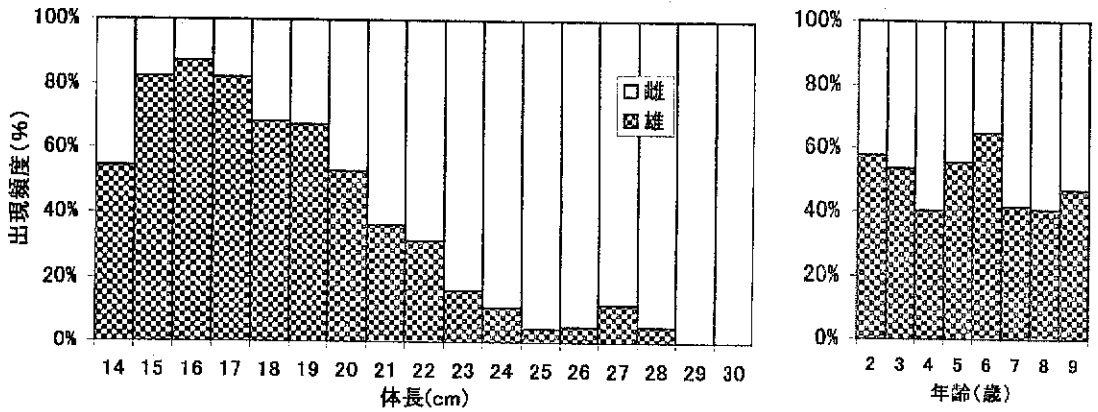


図8 エリモ以西太平洋海域で刺網によって漁獲されたソウハチの体長階級別性別比と年齢別性別比 (1985~1999年の平均)

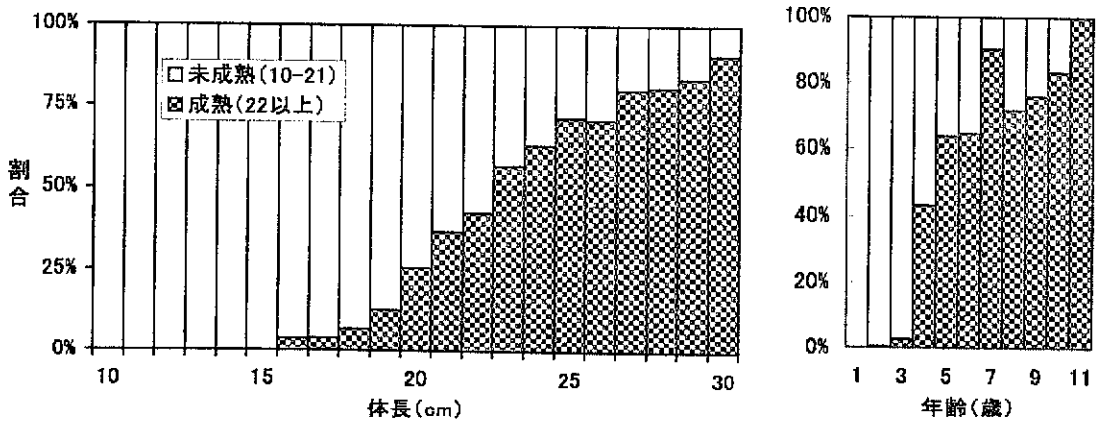


図9 エリモ以西太平洋海域におけるソウハチの年齢別成熟率

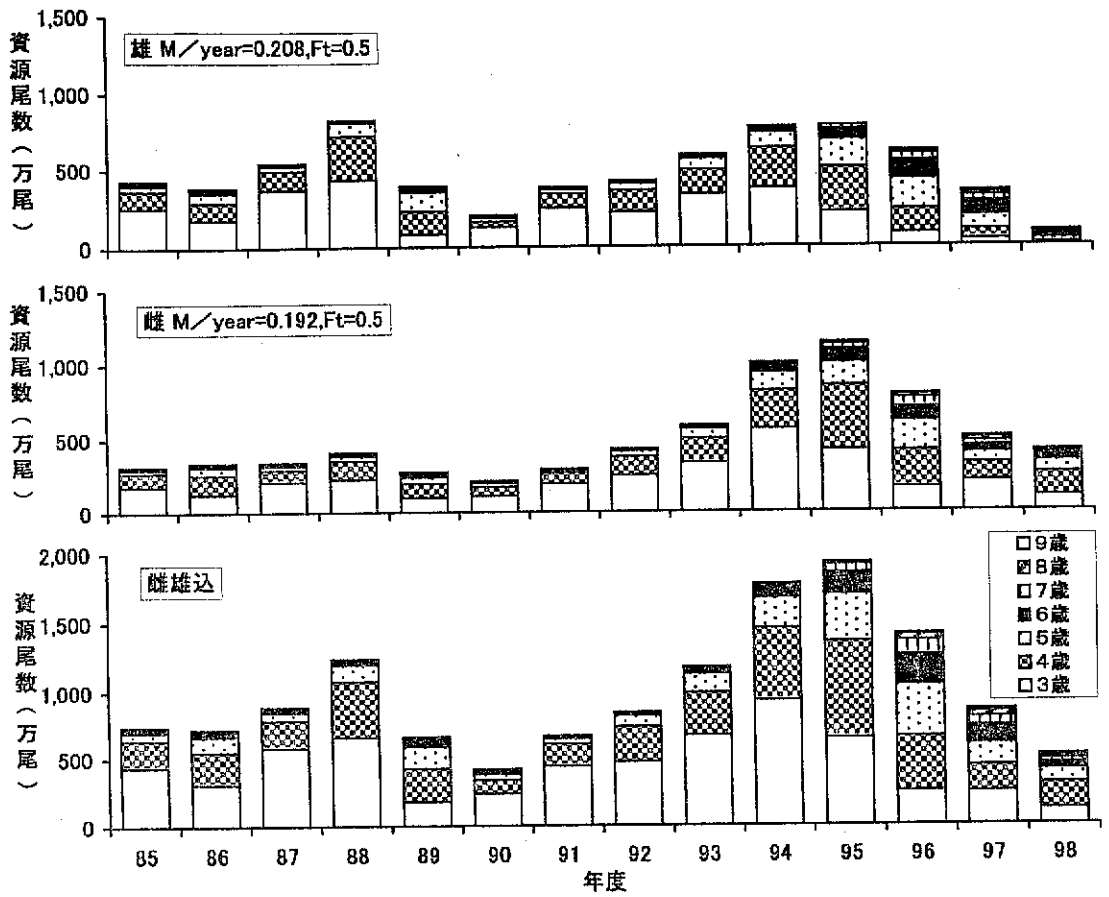


図10 コホート解析によって推定されたエリモ以西太平洋海域におけるソウハチ年齢別資源尾数 (Pope(1972)を用いて、雄と雌を別々に算出した後、雌雄を合算した)

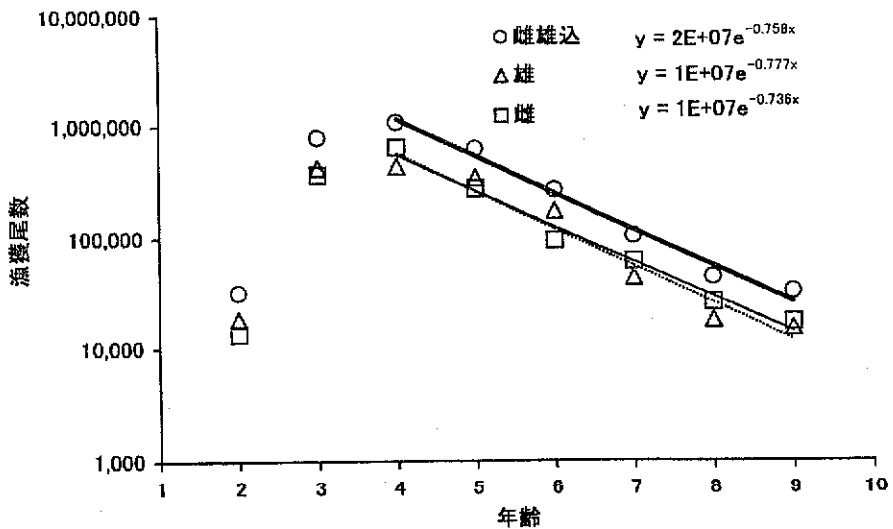


図11 エリモ以西太平洋海域のソウハチの完全加入年齢以降の年齢別漁獲尾数の推移 (1985~1999年平均)

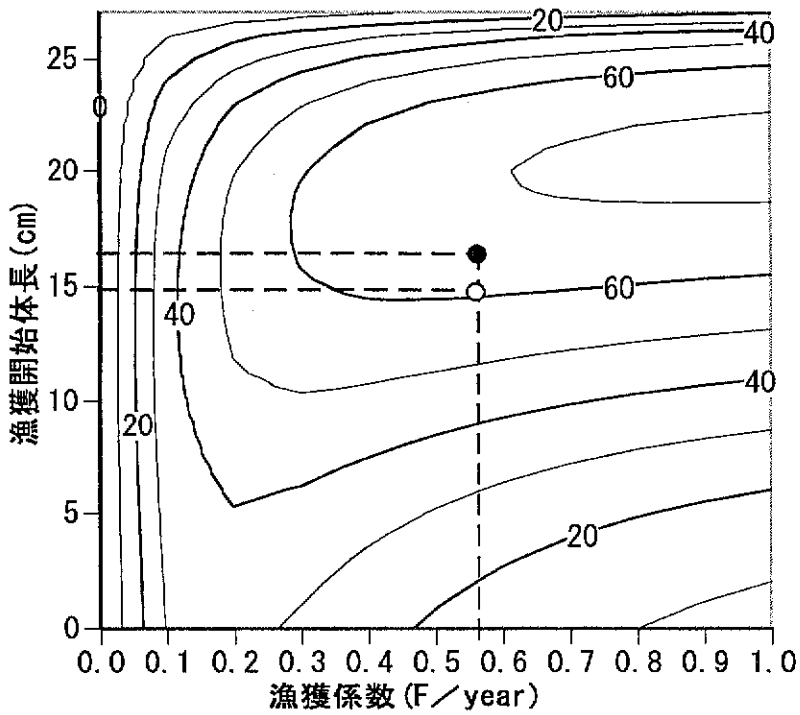


図12 エリモ以西太平洋海域におけるソウハチ雄の等YPR曲線図
 (○は、tc1の場合の現状点、●はtc2の場合の現状点)

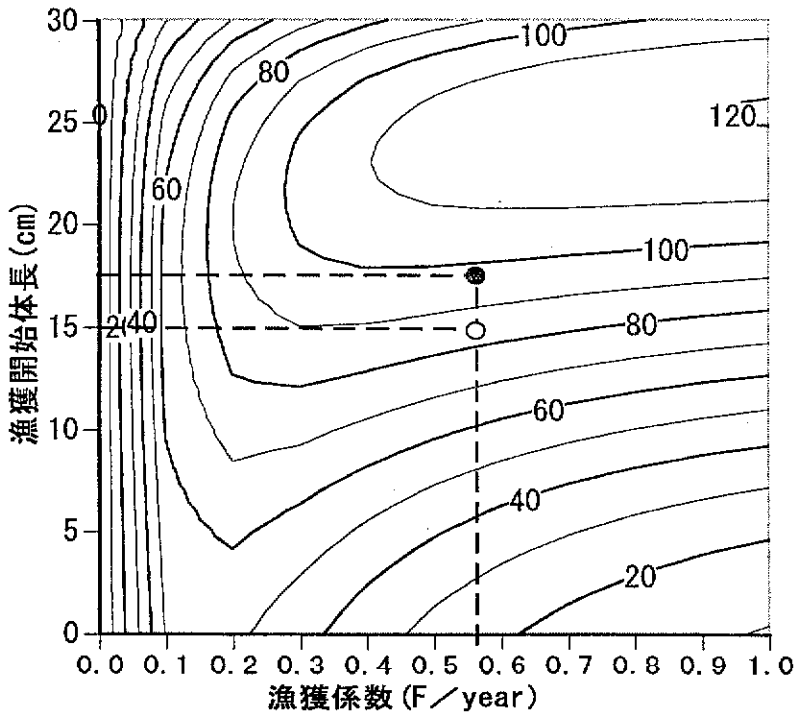


図13 エリモ以西太平洋海域におけるソウハチ雌のYPR曲線図
 (○は、tc1の場合の現状点、●はtc2の場合の現状点)

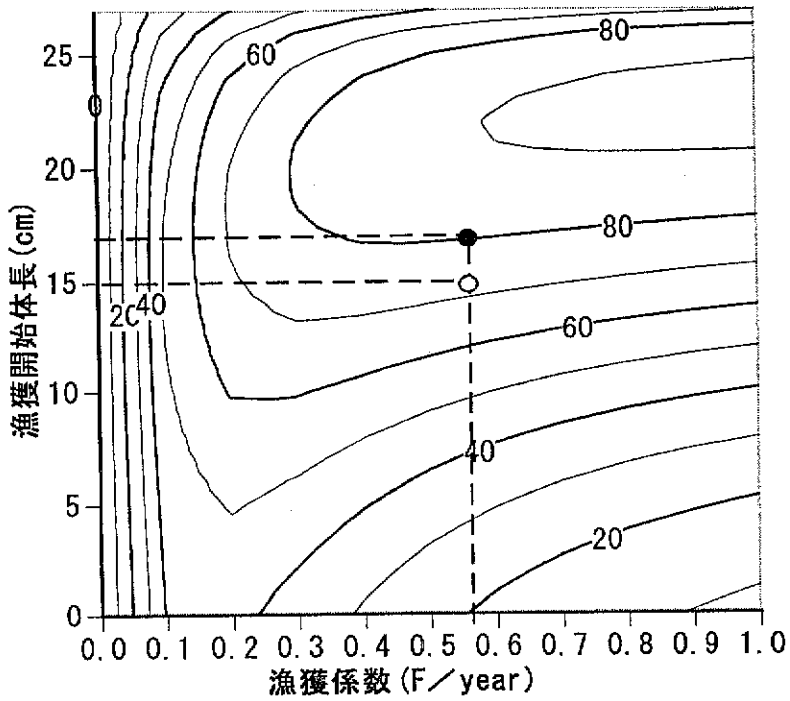


図14 エリモ以西太平洋海域におけるソウハチの雌雄込の等YPR曲線図
 (○は、tc1の場合の現状点、●はtc2の場合の現状点)

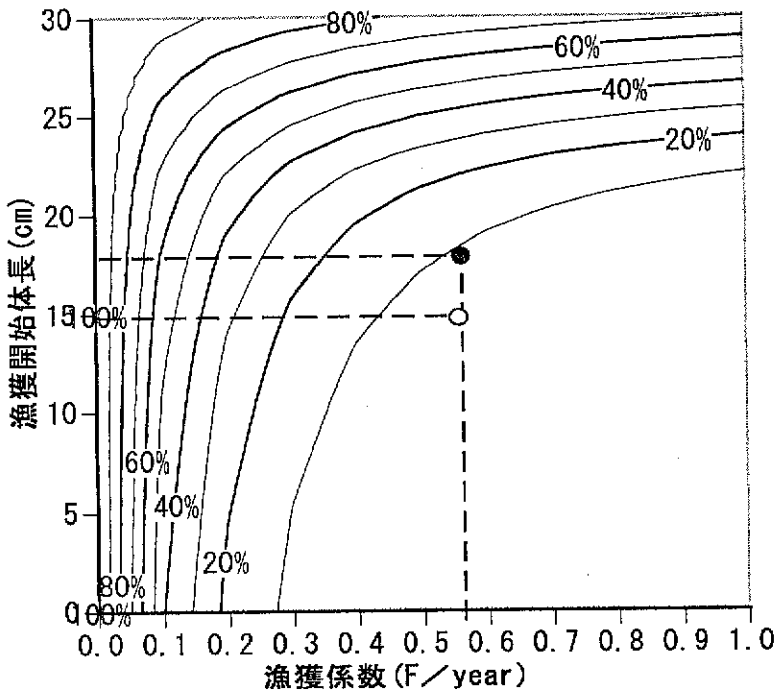


図15 エリモ以西太平洋海域におけるソウハチ雌の等%SPR曲線図
 (○は、tc1の場合の現状点、●はtc2の場合の現状点)

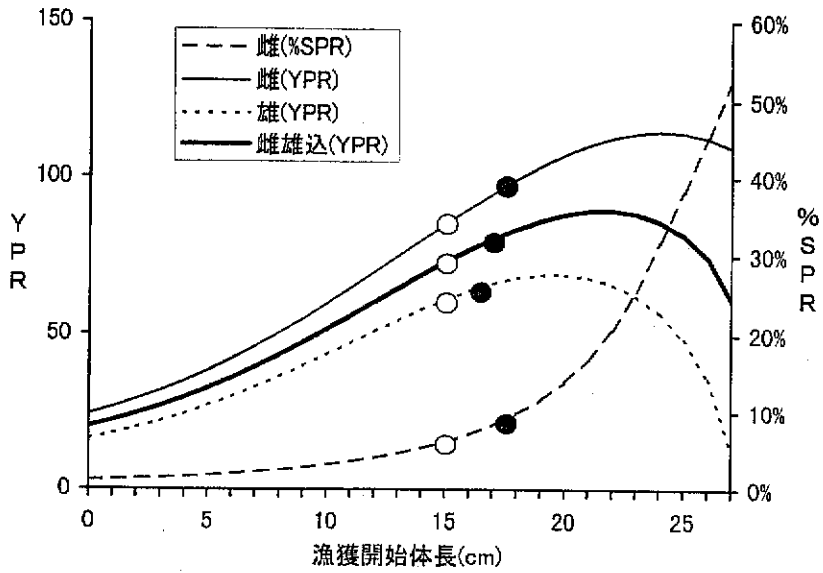


図16 漁獲係数を現状のままとして、漁獲開始体長を変動させた時のYPRと%SPRの変化
 (現状のFを、雄=0.569、雌=0.544、雌雄込=0.563とした)
 (○は、tc1の場合の現状点、●はtc2の場合の現状点)

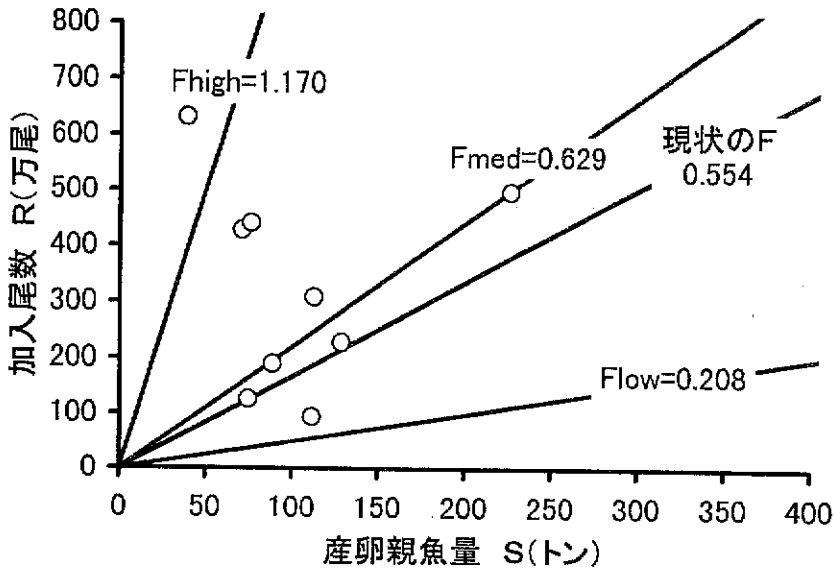


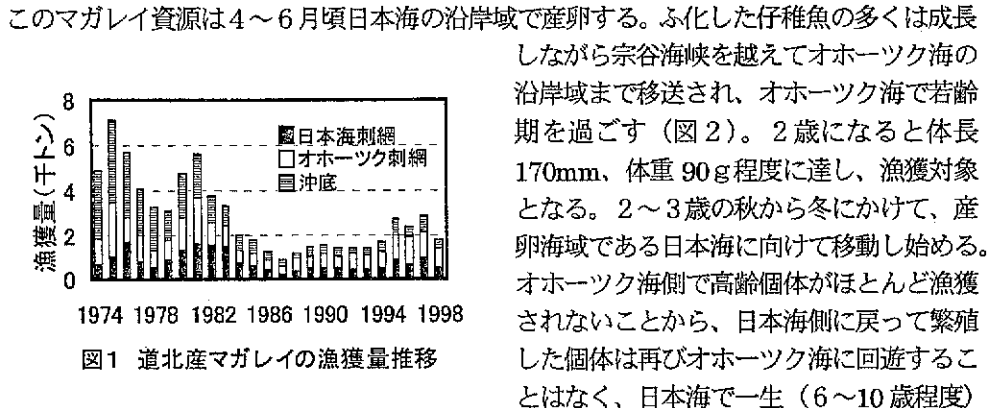
図17 産卵親魚量と加入尾数の関係の基づいて決定された管理基準
 (1985~1998年の親子関係に基づく)

道北産マガレイ資源の評価と管理について

星野 昇・渡野邊雅道^{*}(北海道立稚内水産試験場)

はじめに

北海道北西部の日本海からオホーツク海にかけての沿岸域に分布するマガレイの漁獲量は、1980年代前半から減少しはじめ、現在は年間2千トン前後で推移している(図1)。底刺網漁業と沖合底曳網漁業による漁獲が多い。



1974 1978 1982 1986 1990 1994 1998

図1 道北産マガレイの漁獲量推移

このマガレイ資源は4～6月頃日本海の沿岸域で産卵する。ふ化した仔稚魚の多くは成長しながら宗谷海峡を越えてオホーツク海の沿岸域まで移送され、オホーツク海で若齢期を過ごす(図2)。2歳になると体長170mm、体重90g程度に達し、漁獲対象となる。2～3歳の秋から冬にかけて、産卵海域である日本海に向けて移動し始める。オホーツク海側で高齢個体がほとんど漁獲されないことから、日本海側に戻って繁殖した個体は再びオホーツク海に回遊することはなく、日本海で一生涯(6～10歳程度)を終えると考えられている。必然的に、オホーツク海では2～3歳の未成魚を春から冬にかけて漁獲、宗谷海峡付近では日本海へ移動中の成熟個体を晩秋から初春にかけて漁獲、日本海では春の産卵期(3～6月)に成熟魚を漁獲する、といった傾向が顕著である。

北海道立稚内水産試験場と同網走水産試験場では、各海域の漁獲物標本調査と、オホーツク海と日本海沿岸での小型桁網を用いた幼稚魚分布密度調査を30年近くにわたり継続している。漁獲物組成の年変化と0～1歳魚の分布密度から、資源評価と新規加入量の推定を行い、資源管理措置の検討や次年度漁況予測を行ってきた。1994年から体長15cm未満の個体をできるだけ漁獲しないという資源管理協定が結ばれている。しかし、それ以前から15cmより小さい個体はほとんど漁獲されておらず、資源の維持や回復を明確に意図した管理策とは必ずしもいえないことから、現在、管理計画の再精査を進めている。

資源管理計画のために必要な時系列データが十分に蓄積された沿岸資源が少ない我が国

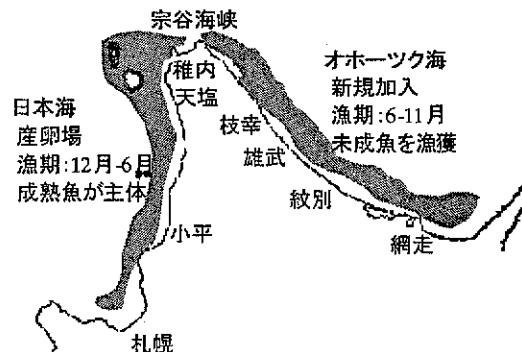


図2 道北産マガレイ資源の分布図

^{*}現在、北海道立釧路水産試験場

において、30年近く継続的な資源調査が行われたこのマガレイ資源からの諸知見は貴重である。2000年11月に開催された鯨類研究所資源管理談話会において、これを紹介する機会をいただき、現在、道水試で当該資源の資源管理業務を担当する筆者らが代表して、水試のこれまでの成果を本稿にとりまとめた。I. 資源調査の概要、II. 資源評価、III. 資源管理策の検討、IV. 考察の順に記す。

I. 資源調査の概要

1. 漁獲量と生物データの集計

分布海域を日本海、宗谷海峡、オホーツク海に分け、さらに各海域の漁期を1～数ヶ月に分ける。それぞれの海域・漁期ごとに最も漁獲量の多い地区（それぞれ天塩、稚内、枝幸）に水揚げされる各銘柄5～10kg ずつを標本として、体長、体重、性別、年齢、成熟度、生殖腺重量などを測定する。漁獲重量データはそれぞれの海域・漁期の漁獲重量を各漁業協同組合の帳簿から集計したものを、標本調査で求めた組成を全体漁獲量に引き延ばして年間の年齢別、性別の漁獲尾数を求めている。年齢は耳石の透明体、不透明帯を計数して査定している。耳石の輪紋はとても明瞭であり、極端に高齢でない限りは精度高く年齢査定できる。

漁獲努力量は基本的には利用していない。単純に刺網の反数や操業回数などのデータを用いることは望ましくない。例えば、日本海とオホーツク海では底刺網の漁獲対象となるマガレイのサイズ、生理状態（マガレイの運動量など）が異なることから、同じ刺網漁法でも選択性と漁獲効率が異なり、また同所的に分布し同じ漁法で漁獲されるスナガレイ、クロガシラガレイ、ソウハチなど他の異体類の漁況に応じ、漁獲の主対象が変化することなどが理由である。したがってCPUEによる資源評価も行っていない。

2. 資源量の計算

資源量とその推移は一般的なシングルコホート解析の後退計算（Pope 近似）による計算値で評価している。産卵期ピークを終えた7月1日を誕生日として、7月～翌年6月までを1年として計算している。マガレイは雄と雌の成長速度、自然死亡率が大きく異なるため、コホート解析に際しては雄と雌を別々に計算して、それぞれの年別年齢別資源尾数と漁獲死亡係数を計算している。図3に年齢別資源尾数計算値の経年変化を示した。

3. 天然資源調査

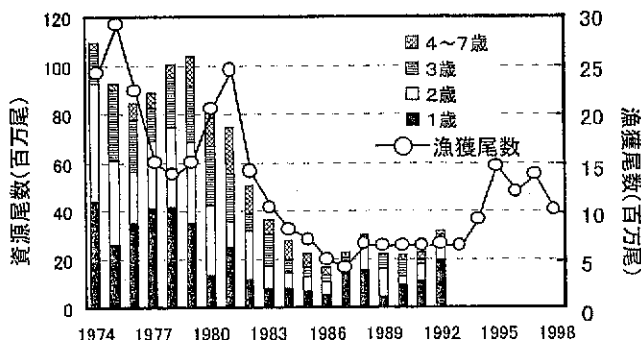


図3 コホート解析の資源尾数計算値(雌のみ)と漁獲尾数の経年変化
($M/\text{year}=0.208$, $FT/\text{year}=0.867$)

際しては雄と雌を別々に計算して、それぞれの年別年齢別資源尾数と漁獲死亡係数を計算している。図3に年齢別資源尾数計算値の経年変化を示した。

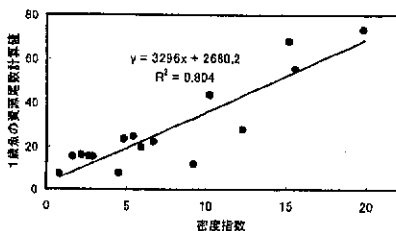


図4 オホーツク海の幼稚魚分布調査における1歳魚の密度指数とコホート解析による1歳魚の資源尾数計算値の関係

天然資源調査として、0～1歳期の生活場であるオホーツク海雄武町沿岸、日本海小平町沿岸で、網口2m程度の小型桁網を20～30調査点で曳網して0、1歳魚の分布密度調査を行っている。とくに、幼魚の大半が生活すると考えられるオホーツク海の調査（網走水試が実施）で得られた1歳魚の毎年の密度指数は、コホート解析で計算されるその年の1歳魚の資源尾数と高い正の相関関係が認められる（図4）。回帰式に基づいて、最新の調査結果の1歳魚密度指数から次年度の漁況を予測し営漁指導を行

う^{*}と共に、資源動向の将来解析を行う際の直近年の年齢別資源尾数を推定する（後記）ことが可能となっている。

II. 資源評価

1. これまでの資源動向

1970年代に高水準であった資源量は、80年代に入り激減した（図3）。90年代後半になってから漁獲量が上向いて資源回復の兆候がみられているのは、93年級群が卓越発生であることが上記の天然資源調査から推察され、この年級群の漁獲量が増加したためと考えられる。80年代後半に資源が急減すると、それまでに比べて1、2歳期の漁獲率が上がった（表1）。成熟齢は満3歳以降なので、一度も産卵することなく漁獲される

表1 年級群ごとの、満1歳時の資源尾数を100としたとき
の各満年齢時の資源尾数相対値、および%SPR値(雌)

発生年/年齢	1	2	3	4	5	6	SPR
1973	100	79.8	50.3	11.0	2.1	0.9	25%
1974	100	80.9	53.0	16.6	6.7	1.6	31%
1975	100	81.1	58.0	29.4	9.1	1.5	39%
1976	100	80.8	56.1	34.4	14.7	1.5	43%
1977	100	80.9	59.8	31.0	6.9	1.3	40%
1978	100	81.1	56.5	22.3	5.1	1.6	34%
1979	100	80.8	54.5	23.6	9.9	3.3	37%
1980	100	80.6	53.2	22.3	8.6	1.3	34%
1981	100	80.4	50.7	19.2	6.8	1.6	31%
1982	100	79.6	50.2	21.7	3.5	0.9	30%
1983	100	76.7	38.7	15.1	2.2	0.6	23%
1984	100	76.6	42.0	10.3	1.8	0.5	22%
1985	100	78.6	43.6	11.7	4.0	0.3	23%
1986	100	80.5	37.8	12.6	2.7	0.9	22%
1987	100	78.4	46.0	15.9	7.4	3.5	30%
1988	100	77.6	43.7	18.4	6.8	2.7	29%
1989	100	75.4	27.2	9.5	4.6	1.0	17%
1990	100	73.6	26.3	8.7	2.9	0.7	15%
1991	100	78.9	45.9	17.4	5.5	2.7	29%

※ <http://www.fishexp.pref.hokkaido.jp/exp/wakkanai/magarei/magarei.htm>
(2001年春大バージョンアップ^{かも})

個体の割合が高くなったことから、成長乱獲と加入乱獲の同時進行が懸念される。コホート解析の結果に基づいて、親魚重量あたりの加入尾数（雌のみ）の値（本稿では加入率と称す）の経年変化を示した（図5）。値は約10倍の幅で変動しながら推移している。1978年頃から、資源豊度の高さをうけて親魚重量は過去最高レベルに達するが、加入率が急に悪化しはじめ、そのまま1985年まで低いレベルで推移した。伴って親魚量は1986年頃までの間に急減するが、その後は加入率が良くなった。親魚重量が高い水準に達すると加入率が減少することから、リッカー型の密度効果の存在が示唆されるが、79～85年まで同程度の低水準が連続した背景には、海洋環境や生態系の周期的変化があった可能性も感じられる。いずれにしても、豊漁が続いた70年代に発生した年級群のSPR値が、一般的な目標レベルといわれる30～40%で推移していた（表1）ことから、80年代からの資源悪化は、乱獲の影響よりも自然現象に起因するところが大きいと推察される。

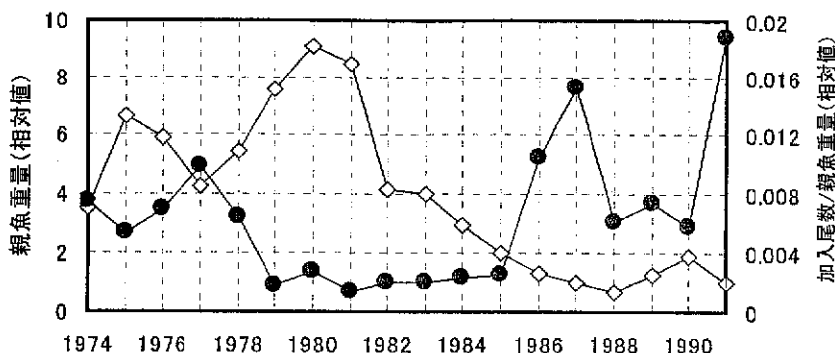


図5 親魚重量(◇)と親魚重量あたり加入尾数(●)の経年変化
 t-1年末(6月)に産卵する親魚の総重量を、t年の3～7歳の初期(7月)資源尾数計算値に各年齢の平均体重をかけたものの合計として考えた。加入尾数はt+1年の1歳魚初期資源尾数(雌のみ)。

2. これからの資源動向

① 評価方法

漁業への依存度が高い沿岸市町村の振興と経済の安定、および生物保全の観点から、今後の資源動向を検討し、必要であればしかるべき施策を検討したい。そこで、今後20年間のマガレイ（雌）の年齢別資源尾数変動パターンを、以下の手順で、毎年の親子関係、直近年（ここでは1999年度漁期）の年齢別資源尾数、および毎年の各年齢漁獲死亡係数に用いる値を変えて、任意に1000個つくった。それらの変動パターンを様々な角度でとりまとめることで資源動向に関する情報を抽出した。

ア) 親子関係

ほとんどの水産生物と同様に親子関係には理性的なシナリオを仮定できないため、今後の数量変動を精度良く予測することは難しい。そこで、先の図5で示したコホート計算で得られた親魚重量あたりの加入尾数の値18個（18年分）のうち、いずれか一つをランダムに選び親魚重量計算値に掛け合わせることで、1歳魚資源尾数とした。

イ) 初期値

計算の初期値となる直近年（ここでは1999年度漁期）の年齢別資源尾数は、オホーツクの幼稚魚分布調査の結果（図4）の回帰式から、各年級の1歳の資源尾数を推定し、それから1998年までの漁獲尾数と自然死亡減少分を差し引いて求めた。1000個の変動パターンの中の各年齢の資源尾数初期値は同じ値ではなく、図4の標準誤差に応じた確率分布を与えている。

ウ) 毎年の各年齢の漁獲死亡係数

資源悪化が著しくなった1984年からの各年齢の漁獲死亡係数計算値のうち、いずれか1つをその都度与えて計算することで、これまでと同じレベルの漁獲圧が各年齢にかかった場合の推移を表した。

すなわち1000個のパターンとは、毎年の親子関係、1999年の各年齢資源尾数（初期値）、毎年の各年齢漁獲死亡係数の値を変えた1000回のモンテカルロシミュレーションの結果ということである。

② 評価

これまでの資源尾数の推移（図3）に鑑みて、3千万尾を「資源維持レベル」と定義すると、年が経過すると、1000個の変動パターンの中で資源維持レベルに満たないパターンが増加していき、20年後にはその値を下回るパターンが約半数となる（図6）。

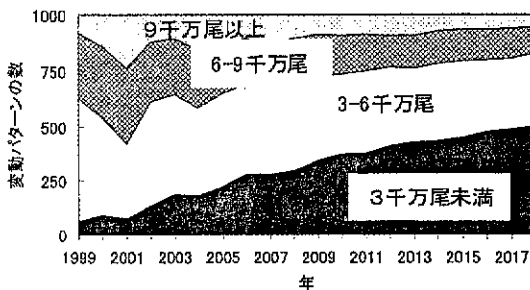


図6 1000個の変動パターンの総資源尾数の経年変化(管理措置なし)

1000個の変動パターンを、それぞれのパターンの基となっている親魚重量あたりの加入尾数値（図5の値）の各々20年間の平均値に応じて8階級に分け、各階級に含まれる変動パターンの数を到達した資源尾数別に示した（表2—上段の数値）。

図5と見比べながら、加入率平均が0.007（過去の平均レベル）より低い値をとった

パターンでは、ほとんどが資源維持レベルを下回ってしまう。加入率平均0.008以上で、6千万尾以上まで回復するパターンが多くなる。すなわち、とくに新たな資源管理策を措置せず、現行レベルの漁獲圧を加え続けた場合、今後の加入率がこれまでと同じか下回る水準で推移すれば、資源は過去最低レベルまで落ち込んでしまう可能性が高い。70年代の高水準まで回復することは、今後の加入率が大幅に高く推移するようになる、といった事態が起きない限り、あり得ないことが示唆される。

III. 資源管理策の検討

そこで、資源尾数の維持・回復を図るための資源管理措置を検討した。

上と同様の方法に基づいて、漁獲死亡係数の値を変えて1000パターンをつくり、計算結果を分析する。1980年代以降に加入率が下がり資源が減少した後、未成魚への漁獲圧が強く

なり資源回復の可能性を失わせてしまった経緯から、若齢個体の漁獲圧が現状より低い漁獲形態に転換した場合の効果について、ここでは述べる。

1000の資源変動パターンをつくったときに用いられた各年齢漁獲死亡係数のうち、毎年1歳および2歳の漁獲死亡係数値を、それぞれ0.1倍、0.5倍してから再計算する。すなわち、1歳魚の漁獲を事実上なくし、2歳魚への漁獲圧を現状の半分程度にした場合の変動パターン1000個の結果を、先の管理措置を置かない場合の結果と対比して、その資源管理効果を検討するというのである。

表2の下段の数値がこの場合の結果を示している。20年間の平均加入率がこれまでの水準(0.007程度)より上回ったパターンのほとんどで、資源維持レベル3千万尾を越え、0.008以上のレベルで推移した場合には、70年代豊漁期の資源尾数に回復するパターンが多くなる。これまでのレベルより低めに推移した場合は、0.006までは資源維持レベルを保つパターンが多い

が、80年代前半のような低水準期の値で推移すると資源維持レベルを下回ってしまい、この程度の管理策だけでは効果が及ばないことがわかる。しかし、管理措置がない状態に比べれば、この未成魚取り残し型の管理策の資源回復効果は大きく(図7)、そのための具体的な漁業管理技術を速やかに検討すべきであると考えられる。

その他、談話会では、雄を含めた漁獲量の推移、遊漁問題、自然死亡係数の感度などについて若干ふれたが、ここでは割愛する。

IV. 考察

未成魚への漁獲圧を下げるための具体的な漁業管理技術について、漁獲制限体長を18cmに上げる、漁期制限を設ける、などを想定しているが、ここで詳述はできない。

冒頭に述べたようにオホーツクは未成魚、日本海では成魚をそれぞれ漁獲するといった、いわゆる先取り問題が根本にあり、体長制限措置はオホーツク海側の漁家に一方的な施策となってしまうため、漁業調整上、慎重さが求められる。両海域の管理後の漁獲量とその回復時

表2 1000個の変動パターンについて、加入率の20年平均ごとの到達資源尾数
上段の数値;管理なし、下段の数値;管理あり

加入率/死亡率の平均値	到達資源尾数(15~20年目までの平均値)			
	3千万未満	3~6千万	6~9千万	9千万以上
0.004~	0	0	0	0
0.005	1	0	0	0
0.005~	8	0	0	0
0.006	12	3	0	0
0.006~	103	4	0	0
0.007	48	87	21	0
0.007~	231	96	3	0
0.008	23	133	171	95
0.008~	89	179	55	11
0.009	0	24	111	202
0.009~	12	73	76	27
0.01	0	1	1	61
0.01~	0	5	9	14
0.011	0	0	0	3
0.011~	0	0	0	5
0.012	0	0	0	0

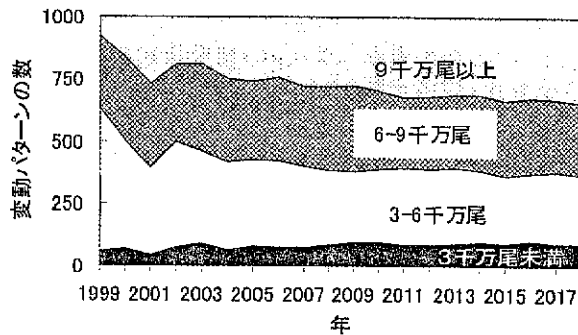


図7 1000個の変動パターンの総資源尾数の経年変化(管理あり)

期、地域経済や漁組経営における当該資源への依存度の違い、他の異体類（とくにソウハチ、クロガシラガレイ）や他漁業との関係、などを総合的に見きわめる必要がある。資源は留萌、宗谷、網走の3支庁に跨るが、漁獲の大半を占める底刺網漁業は各組合単位の共同漁業権漁業であるため、地域を越えた話し合いがもたれにくい。底刺部会、協議会等の同業者組織の組織化・強化を図るとともに、これまで地方自治体主導の資源管理では限界があった沖合底曳網漁業（大臣許可）も含めた、横断的な話し合いができる組織を、管理の意志決定を進めていく場として設置することも優先課題となろう。その他関連した研究としては、刺網の選択性曲線の精査、クロガシラガレイ、ソウハチの生態把握などを進めている。

入口管理では、「〇年後の資源を〇トン以上にする」といった管理目標を、計画検討の操作概念として定義することが重要である。ここでは、「20年後の総資源尾数計算値3千万尾」を根拠に論じたが、目標年を10年より短く置くと、直近年の年齢別資源尾数の与え方に応じて結果が変動し、それ以降だとあまり影響を及ぼさなかったことが理由のひとつである。また、管理効果を当事者が体現し、結果を次ぎのステップへ反映させるために、漁業権免許の切り替わりの時期や、現在、当該漁業を営んでいる漁業者の年齢層などが考慮されるべきと考える。

親子関係は、水産資源の将来解析において最も不確実な要素である。レジームシフトのような周期的変動、あるいは密度依存的な加入量の減少などがいわれるが、実際はその存在すら不確実である。これからの資源管理計画では、今後、親子関係が「可能性としてありえる中で、もっとも好ましくない状態」で推移したときの状況を定量評価し、その状態が実現しても資源が維持できるような漁業管理措置を検討、整備していくことを基本理念に据えるべきである。そこで本稿では、加入率が異なる数量変動パターンをできるだけ多くつくってまとめ、過去の水準と比べて低い値で推移したパターンの大部分で、資源の最低レベルが維持できるような漁獲形態を探索することに主眼を置いた。その意味では、例示した管理策（2歳魚のF半分）はまだ不十分といえるかもしれない（表2）。

成長-生残モデルに基づく%SPR-YPR解析がさかんに行われるようになった。しかし、このマガレイ資源の成長、成熟に係るパラメータの母数を不偏推定することは難しいと判断している。年齢査定は容易で精度も高いが、成長速度が年級群間、年級群内の個体間で非常に大きく変動する。密度依存的な側面も伺える。また、日本海で生まれオホーツク海まで分散する過程で、オホーツクまでは達せずに育つ一部の個体は極端に成長が鈍化することが、天然資源調査の結果分かっている。さらに、現在まで蓄積したデータは、刺網の漁獲物データが多く、目合選択性に応じたバイアスがあることも否めない。このような状況で、成長、成熟パラメータの母平均値に対して、バイアスのある推定量を用いたSPR値を基準に管理を進めると、意図に反した本質的な問題が生じる場合があることが分かっている（星野・渡野邊、未発表）。そのような経緯から、本稿で示したようなコホート解析と年齢構成モデルを基本にした単純な方法で検討を進めている。

ご批判：主著者メールまで；hoshinon@fishexp.pref.hokkaido.jp

V. 参考にした文献

西内修一：マガレイ，漁業生物図鑑北のさかなたち，北日本海洋センター，札幌，1991，pp.202-205.

Caddy, J.F. and Mahon, R. : Reference points for fisheries management. *FAO Fisheries Technical Paper*, 347, 1-83 (1995).

R.I.C.C. Francis and R. Shotton : "Risk" in fisheries management: a review. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54, 1699-1715 (1997).

J. G. Cooke : Improvement of fishery-management advice through simulation testing of harvest algorithms. *ICES J. Mar.Sci.*, 56, 797-810 (1999).

Brian J. Rothschild : Fish stocks and recruitment" : the past thirty years. *ICES J. Mar.Sci.*, 57, 191-201 (2000).

など